

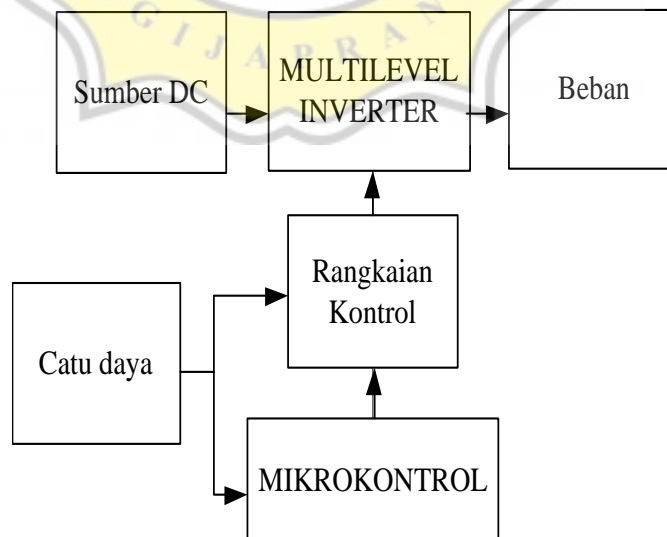
BAB III

KONSEP STRATEGI KONTROL MULTILEVEL INVERTER

3.1 Pendahuluan

Multilevel inverter sejatinya diciptakan sebagai perbaruan dari *inverter* versi sebelumnya. Hasil keluaran pada *multilevel inverter* lebih *sinusoidal* dan mempunyai persentase gelombang harmonisa yang lebih rendah. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil keluaran *multilevel inverter* adalah strategi yang dipakai dalam mengatur pensaklarannya.

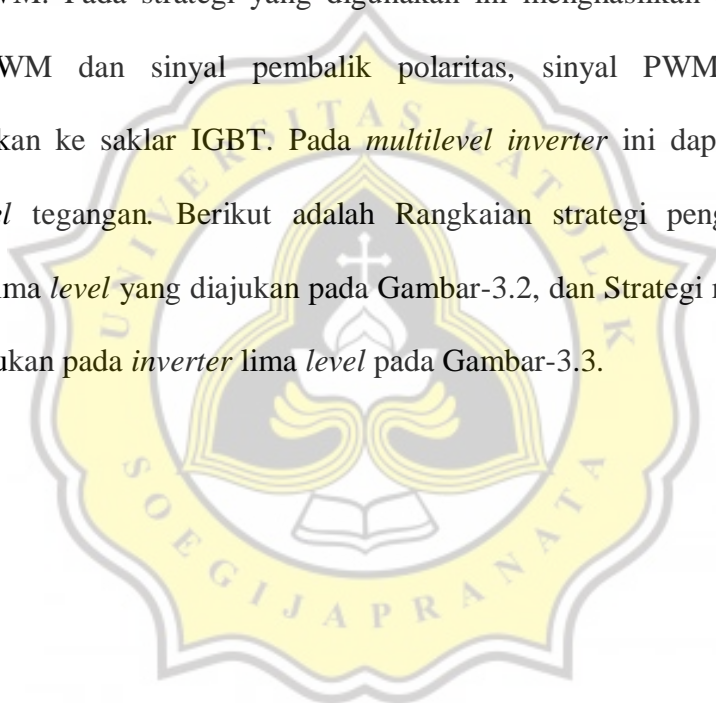
Pada *multilevel inverter* lima level ini mengoperasikan dua buah saklar semikonduktor (IGBT). Rangkaian kontrol dan dua sumber tegangan DC yang akan dijelaskan pada bab ini. Strategi kendali yang digunakan yaitu SPWM dengan sinyal *carrier* yang bertumpuk yang dimodulasi dengan sinyal *sinusoidal*.

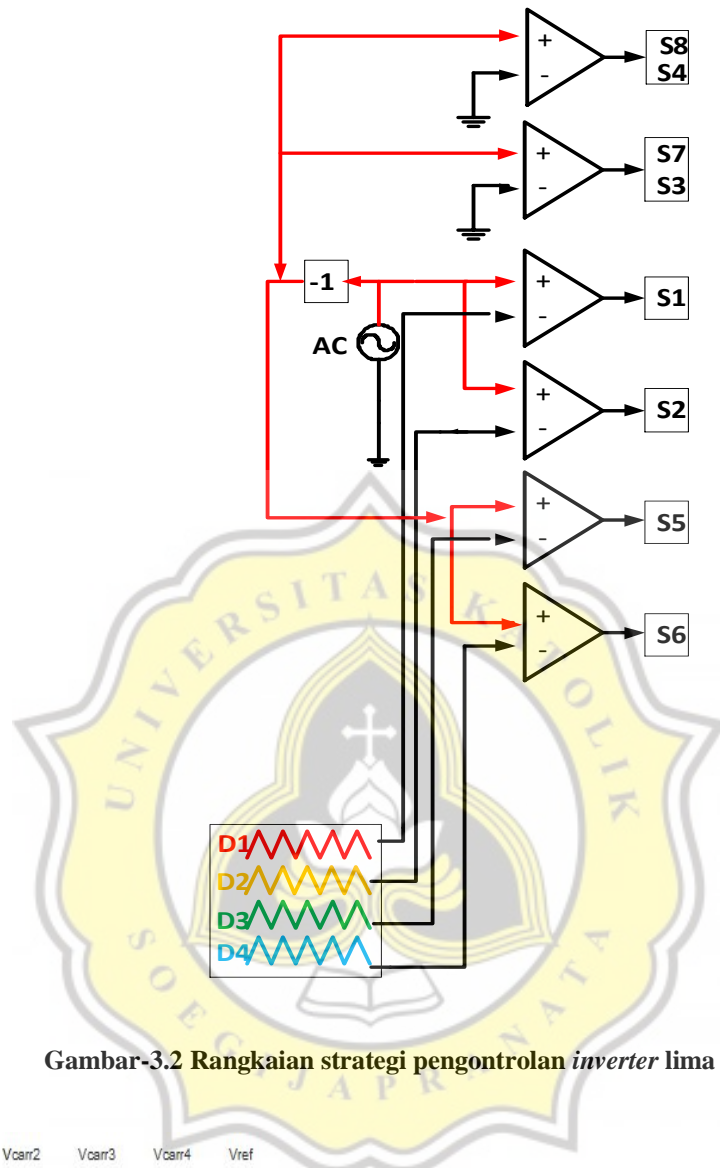


Gambar-3.1 Blok diagram *inverter*

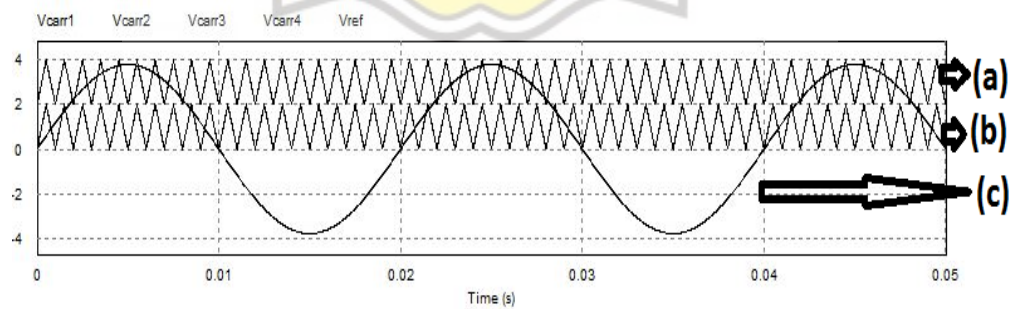
3.2 Strategi Pengontrolan Saklar *Inverter Lima Level*

Strategi pengontrolan saklar yang digunakan sangat mempengaruhi kinerja dan hasil keluaran *inverter*. Pada *multilevel inverter* ini menggunakan konsep sinyal *carrier* bertumpuk. Terdapat empat sinyal *carrier* yang digunakan pada strategi ini ($Carr_1$ sampai $Carr_4$). Hasil dari komparasi sinyal *carrier* dengan frekuensi 1000 Hz dan sinyal modulasi *sinusoidal* 50 Hz untuk menghasilkan sinyal PWM. Pada strategi yang digunakan ini menghasilkan dua sinyal yaitu sinyal PWM dan sinyal pembalik polaritas, sinyal PWM ini kemudian dihubungkan ke saklar IGBT. Pada *multilevel inverter* ini dapat menghasilkan lima *level* tegangan. Berikut adalah Rangkaian strategi pengontrolan saklar *inverter lima level* yang diajukan pada Gambar-3.2, dan Strategi modulasi SPWM yang diajukan pada *inverter lima level* pada Gambar-3.3.





Gambar-3.2 Rangkaian strategi pengontrolan *inverter* lima level

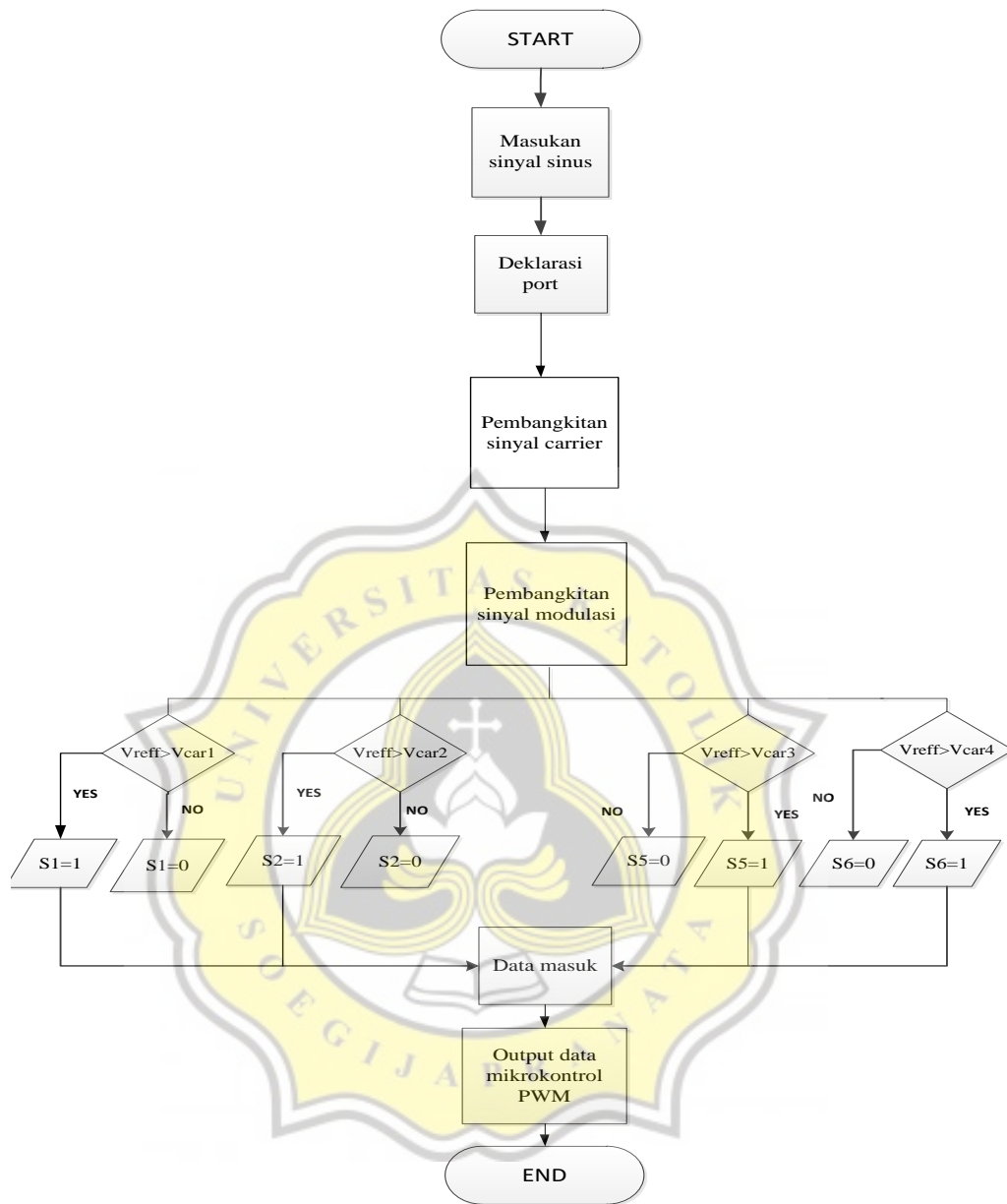


Gambar-3.3 Strategi kendali yang diajukan pada *inverter* lima level (a) Sinyal $Carr_1$ dan $Carr_3$, (b) Sinyal $Carr_2$ dan Sinyal $Carr_4$, (c) Sinyal referensi

Pada Gambar-3.3 bagian (a) berisikan sinyal $Carr_1$ dan sinyal $Carr_3$, sedangkan bagian (b) berisikan sinyal $Carr_2$ dan sinyal $Carr_4$ dan bagian (c) adalah sinyal referensi.

3.3 Strategi Pemrograman

Pemrograman dilakukan melalui *software* MikroC *PRO for dsPIC*. Pada *software* inilah program kontrol dibuat menggunakan bahasa C. *Software* mikroC *PRO for dsPIC30F4012*. Pada *software* inilah nantinya program kontrol digital akan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman C Dalam melakukan pemrograman menggunakan data *look up table*. Data *lookup table* diperoleh dari hasil simulasi pada *software* PSIM. DsPIC *programmer/debugger* digunakan untuk program *Lookup Table Modulation* dengan *file extention* *.hex yang didapat dari C *Compiler* ke dalam *chip* dsPIC30F4012. *Programmer/Debugger* yang digunakan adalah PICKit2. Berikut ini adalah *flow chart* pemrograman keseluruhan pada Gambar-3.4



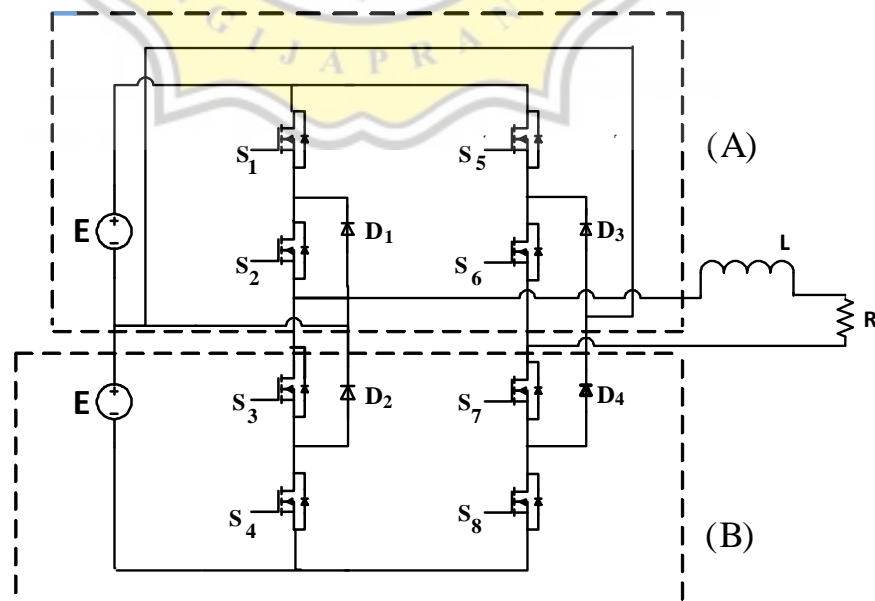
Gambar-3.4 Diagram alir pemrograman

3.4 Prinsip Kerja *Inverter Lima level Topologi Diode Clamp*

Pada *inverter lima level* yang diajukan ini, terdiri dari dua bagian yaitu Bagian A(S_1, S_2, S_5, S_6) dan Bagian B(S_3, S_4, S_7, S_8). Bagian A sebagai pembangkit tegangan dengan frekuensi *switching* yang tinggi sebesar 1000 Hz. dan Bagian B

sebagai pembangkit polaritas sinyal kotak untuk membentuk frekuensi sebesar 50 Hz.

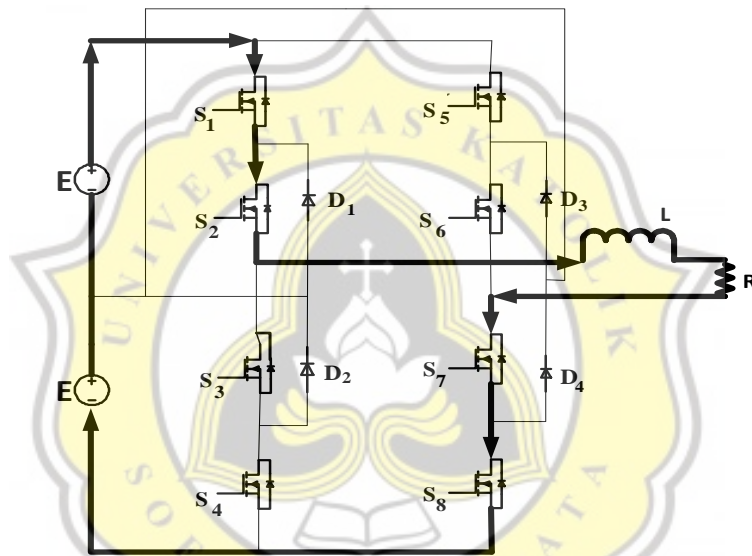
Untuk menghasilkan sinyal PWM, sinyal $Carr_1$ dan $Carr_3$ ditumpangkan dengan cara menyamakan nilai DC offsetnya, kemudian sinyal $Carr_2$ ditumpangkan dengan sinyal $Carr_4$ dengan cara menyamakan nilai DC offsetnya, hingga pada akhirnya terlihat hanya seperti terdapat dua sinyal *carrier* saja, kemudian sinyal *carrier* tersebut dimodulasi dengan sinyal *sinusoidal*. Jadi bagian A pada *inverter* ini bekerja sebagai pembangkit tegangan. Untuk membangkitkan polaritas dibutuhkan konstanta proporsional (K) bernilai -1 untuk membalik polaritas pada Bagian A yang kemudian dihubungkan ke saklar pada bagian B berfrekuensi rendah 50 Hz. sehingga saklar-saklar pada bagian B hanya berfungsi sebagai pembalik polaritas pada *inverter*. Pada Gambar-3.5 di bawah ini adalah rangkaian daya *inverter* lima level.



Gambar-3.5 Rangkaian daya *inverter* lima level (A) S_1, S_2, S_5, S_6 (B) S_3, S_4, S_7, S_8

Dari strategi pengontrolan dan pemrograman di atas maka didapatkan enam mode operasi. Berikut adalah mode operasi pada *inverter* lima *level* yang diajukan:

- A. Mode operasi pertama: arus mengalir dari sumber menuju ke S_1 dan S_2 lalu menuju ke beban induktor dan resistor kemudian menuju S_7 dan S_8 lalu kembali ke sumber.

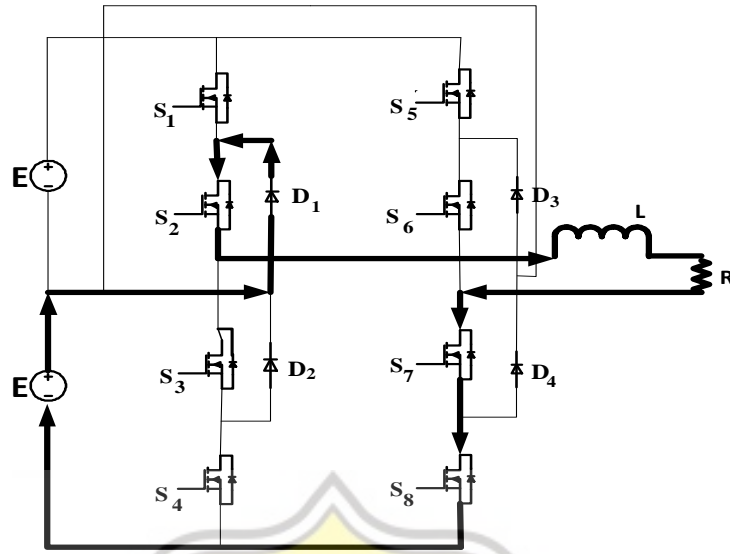


Gambar-3.6 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 1

Dari Gambar-3.6 keluaran tegangan dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= V_L + V_{out} \\
 2E &= L \frac{di_2}{dt} + V_{out} \\
 L\Delta i_2 &= (2E - V_{out})t_{on}
 \end{aligned} \tag{3-1}$$

- B. Mode operasi kedua: arus mengalir dari sumber menuju ke S_2 lalu menuju ke beban induktor dan resistor kemudian menuju S_7 dan S_8 lalu kembali ke sumber.



Gambar-3.7 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 2

Dari Gambar-3.7 keluaran tegangan dirumuskan sebagai berikut:

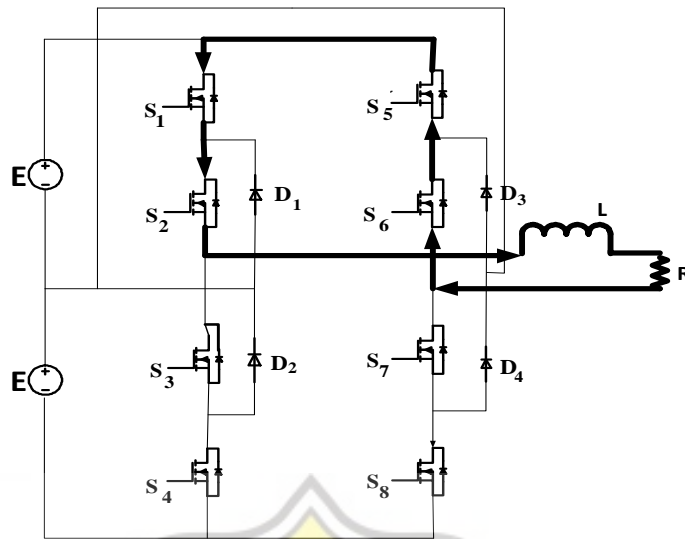
$$V_{in} = V_L + V_{out}$$

$$E = L \frac{di_1}{dt} + V_{out}$$

$$L \Delta i_1 = (E - V_{out}) t_{on}$$

(3-2)

C. Mode operasi ketiga: keluaran tegangan nol. arus mengalir dari S_1 , S_2 kemudian ke beban induktor dan resistor dan kembali lagi melalui saklar S_5 dan S_6 looping dibagian beban.



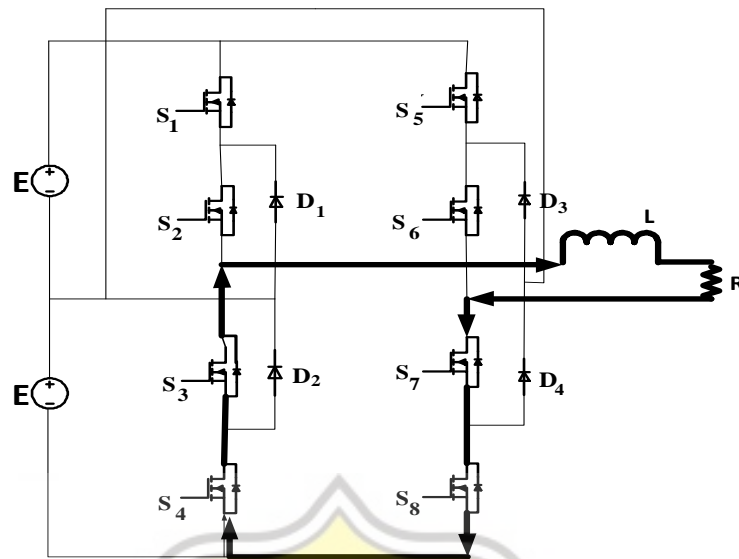
Gambar-3.8 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 3

Dari Gambar-3.8 keluaran tegangan nol dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{out} = L \frac{di_0}{dt}$$

$$L\Delta i_0 = [V_{out}]t_{off} \quad (3-3)$$

D. Mode operasi keempat: keluaran tegangan nol. arus mengalir dari S_3 , S_4 kemudian ke beban induktor dan resistor dan kembali lagi melalui saklar S_7 dan S_8 looping dibagian beban.



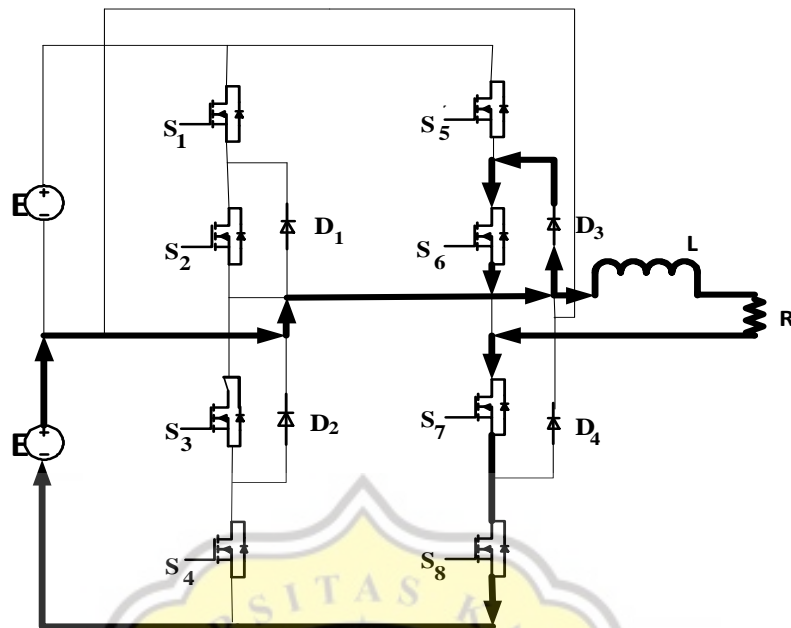
Gambar-3.9 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 4

Dari Gambar-3.9 keluaran tegangan nol dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{out} = L \frac{di_0}{dt}$$

$$L \Delta i_0 = [V_{out}]_{t_{off}} \quad (3-4)$$

E. Mode operasi kelima: keluaran tegangan negatif. arus mengalir dari sumber menuju S_6 , kemudian ke beban induktor dan resistor dan kembali lagi melalui saklar S_3 dan S_4 *looping* dibagian beban.

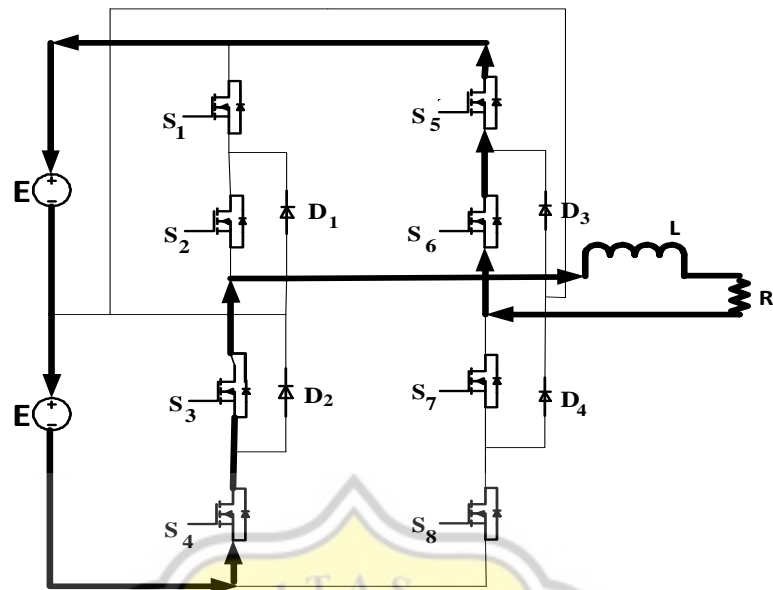


Gambar-3.10 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 5

Dari Gambar-3.10 keluaran tegangan negatif dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= V_L + V_{out} \\
 -E &= L \frac{di}{dt} + V_{out} \\
 L\Delta i_1 &= (E - V_{out})t_{on}
 \end{aligned} \tag{3-5}$$

- F. Mode operasi keenam keluaran tegangan negatif. arus mengalir dari sumber menuju S_5 dan S_6 kemudian ke beban induktor dan resistor dan kembali lagi menuju sumber melalui saklar S_3 dan S_4 .



Gambar-3.11 Rangkaian daya *inverter* mode operasi 6

Dari Gambar-3.11 keluaran tegangan negatif dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= V_L + V_{out} \\
 -2E &= L \frac{di}{dt} + V_{out} \\
 L\Delta i_2 &= (2E - V_{out})t_{on}
 \end{aligned}
 \tag{3-6}$$

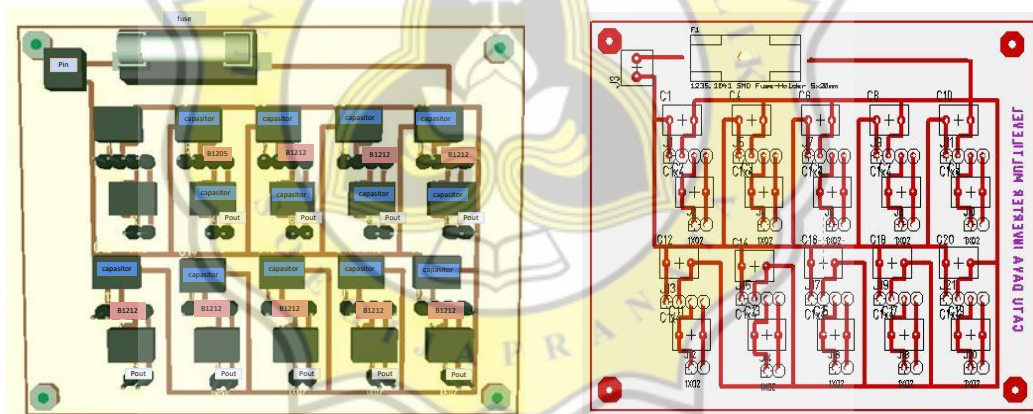
Dari mode operasi yang dijelaskan di atas maka akan membentuk gelombang menyerupai tangga yang bertingkat sebanyak lima tingkat. Seperti yang sudah dijelaskan di atas maka diketahui bahwa mode operasi 1 dan mode operasi 2 adalah untuk membentuk level tegangan positif dan pada mode operasi 3 dan mode operasi 4 adalah mode *free wheeling / looping* pada beban, sementara mode operasi 5 dan mode operasi 6 adalah untuk membentuk level tegangan negatif.

3.5 Rangkaian Kontrol *Inverter Lima Level*

Inverter membutuhkan rangkaian kontrol dan pengendali agar dapat bekerja komponen yang digunakan untuk pengendali *inverter lima level* ini , yaitu: mikrokontrol, *IC buffer*, *IC optocoupler* dan saklar IGBT.

3.5.1 Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya membutuhkan tegangan sebesar 12 *Volt* DC dan 5 *Volt* DC untuk menyuplai sistem kontrol pada *inverter* yang disuplai oleh *IC* B1212-1W dan *IC* B1205-2W , sedangkan *inverter* disuplai oleh tegangan DC senilai 2x25 *volt*.



Gambar-3.12 Rangkaian catu daya B1212 dan B1205 beserta *layout*

3.5.2 Rangkaian Mikrokontrol dsPIC30F4012

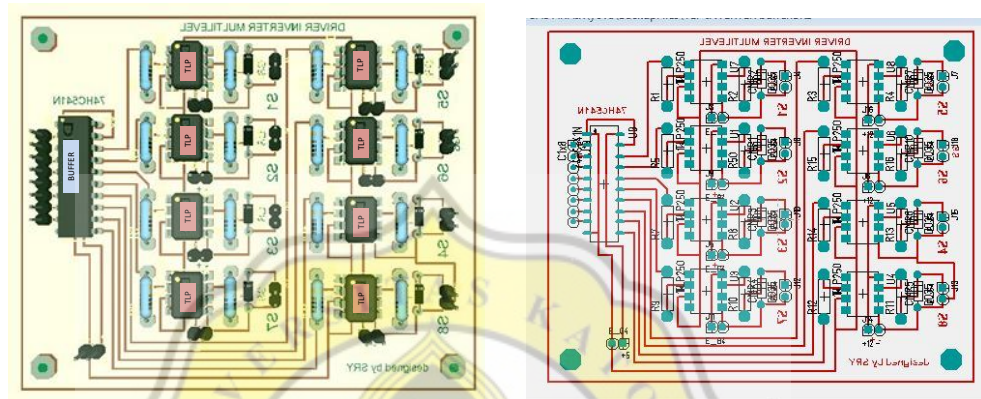
Mikrokontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian elektronik dan pada umumnya dapat menyimpan program. Pengendali mikro juga terdiri dari memori, CPU (*Central Processing Unit*), I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-*

di bawah ini gambar rangkaian dan *layout* dsP



rus yang berasal dari catu-daya dan *inverter* dan

menuju rangkaian pengendali kemudian dihubungkan pada *IC optocoupler* berfungsi sebagai pengaman agar arus yang mengalir pada rangkaian daya tidak menuju rangkaian kontrol dan menuju saklar IGBT. Di bawah ini Gambar-3.13 adalah rangkaian pengendali.



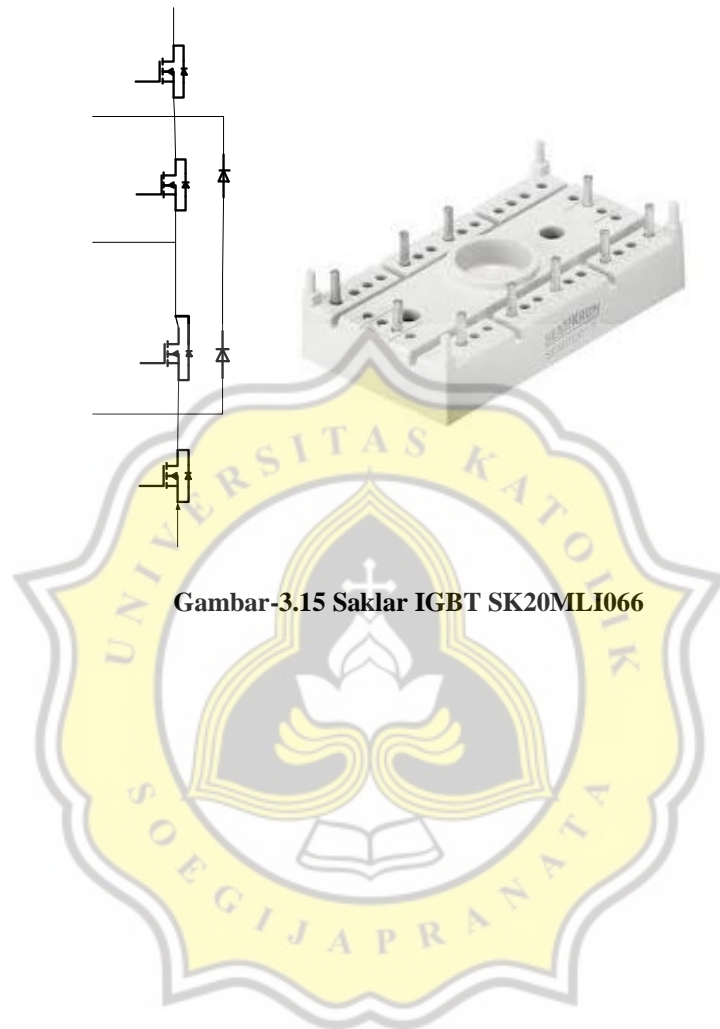
Gambar-3.14 Rangkaian pengendali TLP dan *IC buffer* beserta *layout*

Agar tidak terjadi drop tegangan dari mikrokontrol menuju *driver* dan mencegah arus balik dari rangkaian *driver* maka digunakan *IC buffer* tipe 74HCT541.

3.5.4 Saklar IGBT

Saklar IGBT (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*) adalah saklar yang memiliki kemampuan efisiensi tinggi dan cepat berpindah. Karena saklar statis dirancang untuk dapat bekerja pada kecepatan ON dan OFF yang tinggi. Saklar IGBT bekerja jika *source* di aliri oleh arus kemudian keluar melalui *drain*, sedangkan gate berfungsi untuk mengatur arah alur arus yang diberikan tegangan agar dapat bekerja. IGBT yang dipakai ini memiliki tipe SK20MLI066 dan memiliki rating tegangan maksimal hingga 600 Volt, bekerja pada arus 20 Ampere. Pada rangkaian daya dibutuhkan dua buah saklar IGBT di mana masing-

masing IGBT terdapat empat buah saklar. Berikut di bawah ini adalah bentuk dari IGBT tipe SK20MLI066 buatan dari *SEMIKRON* :



Gambar-3.15 Saklar IGBT SK20MLI066